

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-098476

(43)Date of publication of application : 03.04.2003

(51)Int.Cl.

G02B 27/18
G02B 27/48
G02F 1/13
G03B 21/00
G03B 21/14

(21)Application number : 2002-240224

(71)Applicant : EASTMAN KODAK CO

(22)Date of filing : 21.08.2002

(72)Inventor : KRUSCHWITZ BRIAN E
KURTZ ANDREW F

(30)Priority

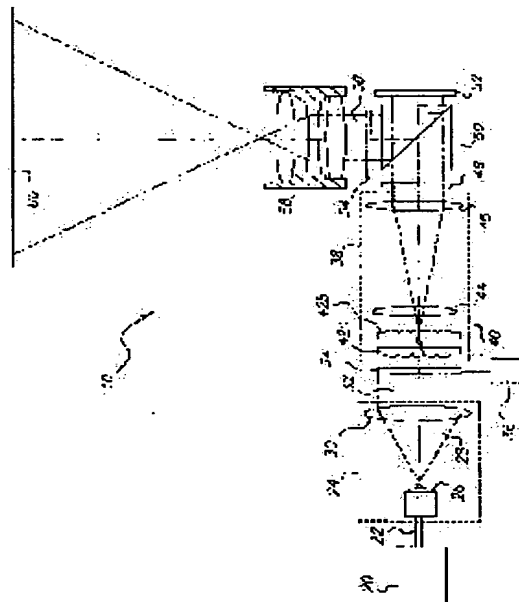
Priority number : 2001 940196 Priority date : 27.08.2001 Priority country : US

(54) LASER PROJECTION DISPLAY SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser-based display apparatus which can remove coherence artifacts on the side of the spatial light modulator while exhibiting reduction in speckles and high throughput efficiency.

SOLUTION: The display apparatus includes a laser light source for emitting a light beam, a beam expander for expanding the light beam, a spatial light modulator, beam shaping optics for shaping the expanded laser beam to provide uniform illumination of the spatial light modulator, the beam shaping optics including a fly's eye integrator having an array of lenslets and a moving diffuser located in the laser beam between the laser beam source and the spatial light modulator.



BEST AVAILABLE COPY

けないことである。二次空間光変調器のうち1つの利点は、照明ビームの空間的コヒーレンスを低減するため許容度が大きいことである。一次元または線形空間光変調器の例としては、Silicon Light Machines製の格子光弁(GLV)や、等価格子光弁があり、2001年10月23日にKowatzに對して交付された米国特許第6307663号およびKowatz他により2001年5月30日に出願された米国出願第09/867927号を参照されたい。

【0005】高出力可視レーザーは、色域の拡張および光学設計の簡略化の可能性を含む、投影システムの設計のために新たな機会をもたらすが、レーザー光はその他の点では空間光変調器を備えた画像投影システムで使用するために最適なものではない。特に、レーザーは非常に小さい光源であり、一般に非常に小さい光源容積(エタンド)を有する。エタンドは、焦点におけるビームの立体角とフォーカル・スポット半径と開口数との積である。たとえば、回折限界ビームを備えた単一モード緑色波長レーザーは約0.3μmのラグランジュを有し、これは、アー

ク・ラングなどの従来の白色光ラグランジュ光源のラグランジュの約15000倍の小ささである。このように小さいラグランジュのレーザーは、厳重に制御されたビームが望ましく、スポット・プリント・プリンタやレーザー光シームの目的のものを含む、ラスト走査システムで非常に効果的に使用することができ。

【0006】これに対して、画像投影システムでは、フィルムなどの画像運搬媒体または空間光変調器がスクリーンまたはターゲット平面上に結像され、結局、レーザーのコヒーレンスの高さやラグランジュの小ささは望ましくない。このような結像システムは、ラグランジュは、投影領域の線形サイズ(空間光変調器のサイズ)に最終レンズの開口数を掛けただけによって決まる。開口数の値であるエタンドは同様に計算される。多くの白色光投影システムの投影レンズは、できるだけ多くの光を集めるために非常に高速(たとえば、f/3)になっている。そうであるにもかかわらず、典型的な白色光ラランジュ光源は光弁とスクリーンとの両方からあふれ、相当な光が失われる。たとえば、一般的な0.9°(22.86mm)対角線長の光弁とf/3投影レンズを使用する代表的なシステムでは、最終光源は、あふれずに適度に満たすために約2.0mmのラグランジュを有することになるだろう。しかし、2~10mmという典型的なラグランジュを備えた、標準的な白色光ラランジュは十分に明るさではなく、一般に、この代表的なシステムからあふれることになる。

【0007】画像投影法を使用するレーザー表示システムの場合は、レーザーが明るさという反対の問題が起きる。さらに、表示した画像に重なる可能性のある他の干渉効果が発生する可能性があるため、コヒーレン

【特許請求の範囲】
【請求項1】 (a) 光ビームを放射するためのレーザー光源と、
(b) 光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、
(c) 空間光変調器と、
(d) 空間光変調器を均一に照らすために拡大したレーザー・ビームを成形するためのビーム成形オブティクスであって、小型レンズのアレイを有するフレイ・アイ(ハエの眼)インテグレートを含むビーム成形オブティクスと、
(e) レーザ光源と空間光変調器の間のレーザー・ビーム内に位置する移動駆放器とを含む、表示装置。

【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の要約】 本発明は、光源としてレーザーを使用する投影型表示装置に関する。より詳細には、本発明は、ディスプレイ内に現れるコヒーレンス誘導アーティファクトおよびスペクトルの出現を低減するための手段を有するレーザー投影型表示装置に関する。

【0002】
【従来の技術】 ビデオ画像を表示するための投影型表示システムは従来技術では周知のものである。通常、このようなシステムは、適切なカラー・フィルタリングによって白色光源とわけてキャノン・アーク・ランプが1つまたは複数の光または空間光変調器を照らして所望の画像を形成し、その画像がビューイング・スクリーン上に投影されるという基本的形態を取っている。

【0003】 レーザは、投影型ディスプレイ用のアーク・ランプに代わる魅力的な代替光源であると知られている。潜在的な利点の1つは、色域が拡大され、色の飽和度が非常に高いことを特徴とすることである。レーザー照明は、単純かつ低コストで効率的な光学系の可能性をもたらす。しかし、何らかの空間光変調器が対になったときに効率が改善され、コントラストが高くなる。投影型ディスプレイ用のレーザーの欠点の1つは、可視波長で十分な出力を備えた費用効果の高いレーザーが欠落していることである。

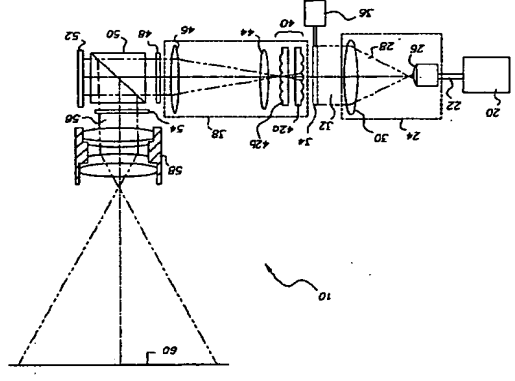
【0004】 空間光変調器は、レーザー表示システムを可能にする、もう1つのコンポーネントを提供する。二次元空間光変調器の例としては、JVC、Three-Five、Aurora、Phillipsから入手可能なリキッドクリスタル・オン・シリコン(LCOS)変調器などの反射型液晶変調器や、Texas Instrumentsから入手可能なデジタル光処理(DLP)チップなどのマイクロミラー・アレイがある。一次元アレイ変調器やラスタ走査型システムより二次元変調器が優れている点は、走査が不要であることと、変調器のアレイ内の不均一性によるすじ状アーティファクトがないことと、フレーム・リフレッシュ速度よりかなり高い周波数(>120Hz)ではレーザー・ノイズの影響を受

(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号
特開2003-98476
(P2003-98476A)
(43)公開日 平成15年4月3日(2003.4.3)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	P I	チーフ・アドバイザー(参考)
G 0 2 B 27/18		G 0 2 B 27/18	Z 2 H 0 8 8
		27/48	2 K 1 0 3
G 0 2 F 1/3	5 0 5	G 0 2 F 1/3	5 0 5
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	E
		21/14	A
審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)			

(21)出願番号	特開2002-240224(P2002-240224)	(71)出願人	59000846 イーストマン コダック カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク14550、ロ チェスター、ステイト ストリート343 (72)発明者 ブライアン イー クルシェバイツ アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス ター ロンダー ロード 47 (72)発明者 アンドリュウ エフ クルトツ アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス ター キヤサウェイ パーク 93 (74)代理人 100075253 弁理士 吉田 研二 (外1名)
----------	-----------------------------	---------	--

(54)【発明の名称】 レーザ投影型表示システム
最終頁に続く



(57)【要約】
【課題】 スペックルの低減を示し、高いスルー・プット効率を示しながら空間光変調器間のコヒーレンス・アーティファクトを除去可能なレーザー・アレイの表示装置を提供する。
【解決手段】 表示装置は、光ビームを放射するためのレーザー光源と、光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、空間光変調器と、空間光変調器を均一に照らすために拡大したレーザー・ビームを成形するためのビーム成形オブティクスと、小型レンズのアレイを有するフレイ・アイ(ハエの眼)インテグレートを含むビーム成形オブティクスと、レーザー光源と空間光変調器の間のレーザー・ビーム内に位置する移動駆放器とを含む。

ント頭で空間光変調器を照らすのは望ましくない。これは特に、波長偏達の結果、膜厚の不均一性のために画像に腐ができる可能性のある液体空間変調器に当てはまることである。同時に、光弁全体のコヒーレンション照明によって人工的なビーム・アポダイゼーションが発生する可能性があるが、これは画像内容に依存するものであり、ピクセルまたはピクセル・グループによる回折から発生する。また、コヒーレントが高い光ビームによって、液体パネルのグリッド電極パターン、中心不連続のあるX立方体、または光学者子上のほりこりまたはX線と照らすことから、回折アーティファクトが発生する可能性もある。したがって、光源の明るさの低減（または光源のラグランジュ数の増加）はこのようなレーザ投影システムにとって必要不可欠なものである。

[0008] 光源の明るさを定規通りに低減すること重要なる機会をもたらす可能性がある。投影型ディスプレイの光学系は、解像力、システム光の効率、システムの簡潔性に関するシステム要件を最適化し、それらのパフォーマンスを取りよう設計することができる。システム光の効率以外の基準を基礎としてシステムの「数値定数」を定義することにより、映写レンズ、カラー・フィルタ、偏光オプティクスなど、その他のシステム・コンポーネントに関する仕様を規定することができ、ランパベースの投影システムに比べ、システム・コストを大幅に低減することができる。

[0009] 投影型ディスプレイの照明および投影システムで使用するためにレーザ光源を最適化することができるが、その結果生じる主な欠点として、スペクトルを処理しなければならない。スペクトルは、ほとんどのレーザ源に固有の波長のコヒーレンス（空間的コヒーレンス）と時間的コヒーレンスの両方）のために発生する。スペクトルにより、粗状組織として現れるノイズ成分が画像内に生成されるが、どちらも画像の実際の解像度を低下させ、見る人を悩ますことになる。このため、スペクトル問題ならびに歴史的に適切なレーザ源が欠如していることにより、市場向きのレーザベースの表示システムの開発が妨げられてきた。

[0010] 従来技術では、スペクトルを低減しようとする方法は限られている。一般的な手法の1つは、レーザ光の線幅を広げることによって時間的コヒーレンスを低減することである。時間的コヒーレンスを低減するためのその他の手法は、照明波面を複数のビームレットに分割し、レーザのコヒーレンス時間より長い時間だけ、そのビームレットを互いに遅らせることであり、たとえば、1993年6月22日にRasmussenに交された米国特許第5292420号を参照されたい。スペクトル・パターン間の可視性を低減するもう1つの方法は、振動によってスペクトル・パターンを動的に変化させるかまたはスクリーンを動的に改造することである。たとえば、1993年12月21日にThomps

on他に交付された米国特許第5272473号を参照されたい。もう1つのスペクトル低減手法は、1971年6月28日にMATHIASenに交付された米国特許第3588217号に記載されているように、レーザ光を多モード光ファイバに結合し、そのファイバを揺動させてモードスクランブルを引き起こすことを含む。

[0011] 他の一連のスペクトル除去解決策では、プロジェクト・システム内で移動または振動する投影スクリーンを使用する。通常、これは、1977年12月にRasmussenに交付された米国特許第4035068号に開示されているように、中間像平面で行われる。この手法の欠点の1つは、投影が正確に像平面で行われなければならないことであり、そうでなければ、画像の散化が発生することになる。また、中間像平面を設けなければならぬことにより、映写レンズが複雑になる。装置の照明路内のレーザ・ビームを動的に拡散することにより、スペクトル・パターンを動的に変化させる手段が好ましいだろう。この手法を使用するホログラム照明システムは、1970年1月20日に交付された米国特許第3490827号でvan Lightenによって開示されているが、同時特許ではビーム拡大器の焦点内で投影器が回転する。Florenceは1994年5月17日に交付された米国特許第5313479号において、回転投影器によって光弁を照らすことを開示している。これらの手法は、矩形空間光変調器を均一かつ効率的に照らす場合に適合できないという欠点を有する。Butlerworthは、1999年12月21日に交付された米国特許第6005722号において、ライト・パイプ・ホモジナイズの照明中に可変率レートで回転させるシステムを開示している。しかし、レーザとともに使用すると、ライト・パイプ・ホモジナイズは、十分な均一性を達成するために大きい開口数または相当な長さの必要とするので、制御が低下し、ファイバ（ハエの眼）オプティクスを使って設計したシステムより設計の自由度も低下する。したがって、コンパクトなシステムで均一照明を発生しながら照明の明るさを制御することは、より難しくなっている。さらに、本発明者によって行われたモデリングによれば、映写距離が長い投影システムでは、スペクトルを低減するためにスクリーンに対して非役の位置付近に投影器を配置しなければならないことが示唆されている。この条件は、投影器がライト・パイプの入力側にある、Butlerworthによって開示されたシステムでは達成されない。

[0012] 発明が解決しようとする問題】したがって、空間光変調器を使用し、システム設計を最適化するために照明の明るさを制御できるようにし、スペクトルの低減を示し、高いスループット効率を示しながら空間光変調器内のコヒーレンス・アーティファクトを除去する、レーザベースの表示システムが求められている。

[0013] 発明が解決しようとする問題】この要求は、光ビームを放射するためのレーザ光源と、光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、空間光変調器と、空間光変調器の間に位置するレーザ・ビームを形成するためのビーム形成オプティクスと、小型レンズのアーティファクトを除去するためのレーザ・ビームを拡大するビーム拡大器と、レーザ光源と空間光変調器の間のレーザ・ビーム内に位置する移動投影器を含む表示装置を提供することによって満足される。

[0014] 本発明の表示装置は、高調度と飽和色ならびにスペクトルの大幅な低減を含む、レーザ表示システムのすべての利点を有する。また、この表示装置は、投影器を使用して他のスペクトル除去技法とは対照的に、画像品質と照明効率のいずれも犠牲にしないようにスペクトルを除去する。さらに、本発明は、光学者の設計を最適化するために、照明のラグランジュ（またはエタンド

[0015] 発明が解決しようとする問題】図1を参照すると、本発明の一実施形態によるレーザ表示システム10は、連続方式またはパルス方式で所望の波長のレーザ・ビーム22を放射するレーザ20を含む。レーザ20は、たとえば、固体レーザ、ファイバ・レーザ、ガス・レーザ、または半導体レーザにすることができる。レーザ20は好ましくは、赤外線光バルスを放射するレーザ・クリスタル（たとえば、Nd:YAG、Nd:YLF、Nd:YV

OA、またはYb:YAG）を含むダイオードレーザポンピング固体レーザであり、レーザ・クリスタルからの赤外線光バルスを赤色、緑色、青色の光バルスに変換する非線形オプティクス（通常は光学パラメトリック発振器（OPO））を含む。レーザ20に適したモールドロップ（ROB）レーザは、Lumera Laser GmbHおよびJenOptik製のものである。もう1つの適当なレーザはQ-Peakが開発したQスイッチングBレーザである。価値にするため、レーザ表示システム10は、1つの波長の場合のみについて示す。

[0016] ビーム拡大オプティクス24はレーザ・ビームを拡大し、名目上、ビーム形成オプティクス38の開口部を射すのに必要な径を備えた平行ビーム32を発生する。ビーム拡大オプティクス24は、たとえば、光学分野の当業者にとって周知のように、無限焦点対のレンズにすることができる。別法として、たとえば、3

素子ミニミズのガリリまたはケプラー・ビーム拡大器を使用することも可能である。無限焦点対のビーム拡大オプティクス24は、投影器26とコリメータリング・レンズ30を含む。投影器26は、単レンズにするかまたは顕微鏡対物レンズなどの複合レンズにすることができる。光ビーム22を投影ビーム38に変換すること

[0013] 発明が解決しようとする問題】この要求は、光ビームを放射するためのレーザ光源と、光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、空間光変調器と、空間光変調器の間に位置するレーザ・ビームを形成するためのビーム形成オプティクスと、小型レンズのアーティファクトを除去するためのレーザ・ビームを拡大するビーム拡大器と、レーザ光源と空間光変調器の間のレーザ・ビーム内に位置する移動投影器を含む表示装置を提供することによって満足される。

[0014] 本発明の表示装置は、高調度と飽和色ならびにスペクトルの大幅な低減を含む、レーザ表示システムのすべての利点を有する。また、この表示装置は、投影器を使用して他のスペクトル除去技法とは対照的に、画像品質と照明効率のいずれも犠牲にしないようにスペクトルを除去する。さらに、本発明は、光学者の設計を最適化するために、照明のラグランジュ（またはエタンド

[0015] 発明が解決しようとする問題】図1を参照すると、本発明の一実施形態によるレーザ表示システム10は、連続方式またはパルス方式で所望の波長のレーザ・ビーム22を放射するレーザ20を含む。レーザ20は、たとえば、固体レーザ、ファイバ・レーザ、ガス・レーザ、または半導体レーザにすることができる。レーザ20は好ましくは、赤外線光バルスを放射するレーザ・クリスタル（たとえば、Nd:YAG、Nd:YLF、Nd:YV

OA、またはYb:YAG）を含むダイオードレーザポンピング固体レーザであり、レーザ・クリスタルからの赤外線光バルスを赤色、緑色、青色の光バルスに変換する非線形オプティクス（通常は光学パラメトリック発振器（OPO））を含む。レーザ20に適したモールドロップ（ROB）レーザは、Lumera Laser GmbHおよびJenOptik製のものである。もう1つの適当なレーザはQ-Peakが開発したQスイッチングBレーザである。価値にするため、レーザ表示システム10は、1つの波長の場合のみについて示す。

[0016] ビーム拡大オプティクス24はレーザ・ビームを拡大し、名目上、ビーム形成オプティクス38の開口部を射すのに必要な径を備えた平行ビーム32を発生する。ビーム拡大オプティクス24は、たとえば、光学分野の当業者にとって周知のように、無限焦点対のレンズにすることができる。別法として、たとえば、3素子ミニミズのガリリまたはケプラー・ビーム拡大器を使用することも可能である。無限焦点対のビーム拡大オプティクス24は、投影器26とコリメータリング・レンズ30を含む。投影器26は、単レンズにするかまたは顕微鏡対物レンズなどの複合レンズにすることができる。光ビーム22を投影ビーム38に変換すること

[0017] 本発明の表示装置は、高調度と飽和色ならびにスペクトルの大幅な低減を含む、レーザ表示システムのすべての利点を有する。また、この表示装置は、投影器を使用して他のスペクトル除去技法とは対照的に、画像品質と照明効率のいずれも犠牲にしないようにスペクトルを除去する。さらに、本発明は、光学者の設計を最適化するために、照明のラグランジュ（またはエタンド

[0018] ビーム形成オプティクス38はファイバ・アイ（ハエの眼）インテグレート40を含む。投影器52の領域一面にわたって効率的に均一に照らす。ファイバ・アイ（ハエの眼）インテグレート40は、第1の小型レンズ・アレイ42aと第2の小型レンズ・アレイ42bとを含む。通常、これらは同一である。第1および第2の小型レンズ・アレイ42aおよび42bは、二次元パターンに配列され、端面を備えた複数の小型レンズを含む。第1の小型レンズ・アレイ42a内の各小型レンズが第2の小型レンズ・アレイ42b内の対応する小型レンズに光を集束させるように、第2の小型レンズ・アレイ42bは、第1の小型レンズ・アレイ42a上の小型レンズの焦点距離程度だけ、第1の小型レンズ・アレイ42aから分離されている。小型レンズは、照明の所望のアスペクト比に等しいアスペクト比を備えた矩形形状を有し、それは通常、液体空間光変調器52のアスペクト比に匹敵する。第1の小型レンズ・アレイ42aと第2の小型レンズ・アレイ42bが互いに異なるが、所望の照明を提供するように調和している。その他の設計も可能である。

[0019] 別法として、第1および第2の小型レンズ・アレイ42aおよび42bは、単一ブロックのガラスまたはプラスチックに統合することができる。また、特に、小さい投影角を使用する場合は、第2の小型レンズ・アレイ42bを使用せずに本発明を実施することもできる。

[0020] ビーム形成オプティクス38は、ファイバ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の後ろに位置する、集光レンズ44と視野レンズ46も含む。第2の小型レンズ・アレイ42bは、集光レンズ44と相俟って、オーバーラップ方式で第1の小型レンズ・アレイ42aの小型レンズを結像させて、液体空間光変調器52側で矩形領域を均一に照らすように機能する。視野レンズ46は、デフォーカス・エラーに合わせてシステムを調整し、照明の絞開口数を最小限にするために、視野空間光変調器52をテレセントリックに照らす。視野レンズ46は、名目上、小型レンズの焦点距離に照明面の

倍率を掛けたものに等しい焦点距離を有する。同様に、視座レンズ46と集光レンズ44の間隔は、照明をテレセントリックにするために視野レンズ46の焦点距離にほぼ等しくなければならない。小型レンズ・アレイと集光レンズ44の焦点距離は、通常、比較的小さい光学機構を設計できるように液晶空間光変調器5付近に十分な作動距離をもたらすように選択される。

【0021】液晶空間光変調器52は、矩形領域上に二次元アレイとして配置された複数の変調要素またはドメイン（図示せず）を含む。好ましい変調要素は液晶空間光変調器52は、JVCから入手可能なD-ILAディスプレイなどのリキッドクリスタル・オン・シリコン（LCOS）パネルであるかまたはPhillips、3M、Auroraから入手可能なその他のLCOSパネルである。

【0022】液晶光弁を使用する投影型表示システムは、パフォーマンスを最大限にするために、照明の偏光を慎重に調節する必要がある。この意味でレーザは重要な利点をもたらす。というのは、それが放射する光は通常、高度に偏光されている（たとえば、100:1）からである。しかし、一部の放射器は光ビームの偏光を解消するものとして知られており、したがって、放射器34の偏光保持特性に応じて、放射器34と液晶空間光変調器52の間に任意のプリローライザ4が必要になる可能性がある。放射器の偏光保持特性は基板材料に依存し、プラスチック基板はガラス基板より大に光ビームの偏光を解消することができる。実験室の試験では、0.76mm厚のポリカーボネートに固有の複屈折に放射器を通過したときにポリカーボネートの固有の複屈折により偏光入射光が楕円偏21.7°の楕円偏光に変換されることが観察された。これに対して、2mm厚の二酸化炭素のホログラム放射器では、測定可能な偏光の変化はまったく観察されなかった。

【0023】偏光ビーム・スプリッタ5は視野レンズ46と液晶空間光変調器52の間に配置されている。この偏光ビーム・スプリッタは、偏光した入射光を液晶空間光変調器52に伝導する。最良のコントラストを得るためには、プリローライザ48の好ましい位置は偏光ビーム・スプリッタ50の直前である。液晶空間光変調器52上の偏光のピクセルは、偏光を変更することによって光を制御し、光ビーム22に対して直交偏光した光の成分を生産する。直交偏光の場合には、液晶空間光変調器52の各ピクセルに電圧を印加することによって制御する。したがって、光ビーム22から直交偏光された変調光ビーム56は偏光ビーム・スプリッタ50によって反射される。偏光ビーム・スプリッタ50の後の複線路内に検光子4を配置して、ディスプレイのコントラストを改善することができる。偏光ビーム・スプリッタ50は好ましくは、米国特許第2403731号で開示されたタイプのマックニール形プリズムであり、同特許は参

照により本明細書に組み込まれる。

【0024】検光子54によって伝導される変調光ビーム56は検写レンズ58によって集められる。検写レンズ58は、液晶空間光変調器52の像をスクリーン60上に形成する。スクリーン60は、映画などのフロントプロジェクション・アプリケーション用の反射スクリーンになるか、あるいはコンピュータ・モニタまたはホームシアタなどのリアプロジェクション・アプリケーション用の透過放射スクリーンにすることができる。

【0025】図1は、偏光ビーム・スプリッタ50によって入射光が伝導される場合を示しているが、レーザ装置システム10は、入射光が偏光ビーム・スプリッタ50によって反射される状態で構成することもできる。別法として、偏光ビーム・スプリッタ50用に表示されているビーム・スプリッタ立方体の代わりに、プレーット偏光ビーム・スプリッタまたはワイヤグリッド・ポラライザを使用することができ、さらに、所与のレーザ波長のコントラストを最大限にするために、偏光ビーム・スプリッタ50と液晶空間光変調器52の間に波長板補償器（図示せず）を含めることができる。

【0026】光源の明るさ（ラグランジュの増大）とソース・コヒーレンスの両方を低減するという目標を達成するために、レーザ投影型ディスプレイ10の照明光学系内に放射器34を使用する。放射器の角度 θ と放射器34の位置は、これらの目標を考慮して選択しなければならない。システムのラグランジュは、放射器34上の照明ビーム・プロファイルの半値幅と、放射器34によって散乱される光の半角 θ の積によって左右されることになる。液晶空間光変調器52の解像力と映像レンズ58の結像特性によって決まる所望の画像解像力に応じて、映像レンズは、従来技術のシステムが必要とした $f/3$ の代わりに、 $f/7 \sim f/15$ の範囲の f 数を有することができる。レンズの f 数に関する実際の設計ターゲットは、レンズの品質を決定するために指定された結像基準によって決まることになる（たとえば、レイリーまたはスバルー結像基準を適用できるだろう）。

【0027】一例として、0.9"（22.86mm）対角線長の液晶空間光変調器52と $f/10$ の映像レンズ58の組合せにより、0.6mm以下という投影システムのターゲット・ラグランジュが指定されることになる。この例では、放射器34は半角 $\theta = 3^\circ$ を有することができ、2.2mm後の平行ビームによって照らされるように照明システム内に配置することができる。この例では、レーザ光のラグランジュは0.3 μ m以下から0.57mm以下に低減されることになり、顕微反特性の $f/10$ ビームが0.9"（22.86mm）対角線長の液晶空間光変調器52に供給されるだろう。

【0028】したがって、適切な放射器34を選択することにより、光学系の要求に合うように効果的なレーザ光源のラグランジュまたは明るさを定義することがで

き、それにより、従来のランプ・ベームのシステムに比べ、システム光の効率を高め、光学設計を単純化することができる。

【0029】放射器34はレーザ光のコヒーレンスをある程度は減衰するが、レーザ光は、出射ビームにスペクトルを付与するのに十分なほどコヒーレント状態を維持することになる。このスペクトルは、さらに低減しない限り、不要な光度のランダム変動として液晶空間光変調器52とスクリーン60の両方に存在することになる。しかし、フレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40は、主に液晶空間光変調器52に対して均一照射を行うが、スペクトル除去およびアーティファクト除去に対する放射器34の効果も増幅する。これは、液晶空間光変調器52上で、したがって、スクリーン60上の像内で、放射器34による多くの貢献をオーバーラップすることによって発生する。その結果として液晶空間光変調器52とスクリーン60側の照明光内に発生するスペクトルは、フレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40を使用し、ほぼ同様のシステムに比べ、サイズおよび等級が大幅に低減されるが、この現象スペクトルは依然として重大なアプリケーションで好ましくない可能性がある。【0030】スペクトルをさらに低減するために、放射器34が少なくとも放射面の特徴的なフレイ・サイズ分だけ移動するように、放射器34に連続運動、回転運動、またはランダム運動を付与する手段36に放射器34が取り付けられている。この運動の周波数はブリッグ周波数（たとえば、約40Hz）より高くない必要がある。運動付手段36は、たとえば、放射器34に円運動または楕円運動を付与するために放射器34に接続された電気モータを含むことができる。別法として、運動付手段36は、不均等回転を含む振動モータを含むことができ、その振動モータにはスプリングで放射器34が取り付けられている。また、運動付手段36は、ACドライブが供給された電圧制御リニア・アクチュエータとして、または放射器34に回転運動を付与する回転ホイールとして設けることもできる。

【0031】フレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の使用と、レーザ投影型ディスプレイ10内の移動放射器34との組合せにより、スペクトル低減が大幅に強化される。放射器34は、フレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の効果により放射器34の小さい運動後に相消解除状態になるようなスペクトル・パターンを液晶空間光変調器52の表面上およびスクリーン60上に生成する。その結果、従来技術のシステムと比べて、使用する放射器34の運動をかなり小さいものにすることができ、または放射器34の運動が同じである場合に得られる平均スペクトル・パターンがかなり多数になる。

【0032】さらに、放射器34を照明システム内に配置することにより、放射器34が画像品質を低下させない

いことが保証される。放射器によりある物体を結像すると、画像の散化が発生するが、その程度は結像システム内の放射器の相対位置に依存する。放射器が中間平面に位置すると最小量の散化が発生するが、その場合、放射器の表面構造から散化が発生する。放射器の配置はわずかなエラーがあるかまたは光軸に対して放射器が傾動する場合、画像品質の低下がかなり悪化する。照明装置内に放射器34を配置すると、放射器34による散化が行われないので、光弁に対して其後の平面に放射器を傾面に配置する必要が回避される。

【0033】照明装置内の放射器34の位置に関する選択は図1に示すもの以外にもいくつかある。図1に示す好ましい位置はフレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の直前である。これは、いくつかの理由により好ましいものである。第一に、小さい散散角 θ でも適切なラグランジュを達成することができるが、それにより、フレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40による良好なスループットが保証される。第二に、放射器34がフレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の前の位置にあるので、液晶空間光変調器52に対する矩形照明の散化がまったく発生しない。第三に、フレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の直前にある場合、放射器の様々な特徴による非相関散にオーバーラップするフレイ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の利点が最大限になる。第四に、平行空間内にある場合、散散特性に対して角度が依存しても、ビームの空間範囲一面で散散の変動が発生しない。

【0034】移動放射器34の様々な代替位置は本説明により達成可能である。たとえば、放射器34はコリメレーザ・ビーム拡大のNA（開口数）とビーム・サイズの低減により、好ましい位置に比べ、同程度の明るさの低減を達成するために必要な散散角はわずかに大きくなるだろう。これは、好ましい位置で必要な散散角が市販の放射器には小さすぎるときに利点になる可能性がある。もう1つの利点は、所与の放射器34の場合に、コリメレーザ・ビーム拡大のNA（開口数）とビーム・サイズの低減を達成することにより、ソース・ラグランジュを正確に設定できることである。欠点は、放射器34が入射角に依存しているためにビーム傾斜一面にわたって放射特性が変動し、それがスペクトルの低減および均一性に影響する可能性があることである。

【0035】放射器34について可能なもう1つの位置は発散レンズ26の焦点である。これは、レーザの明るさについて非常に小規模な低減が望ましいときに有用である可能性がある。というのは、放射器34がビーム拡大器24と相俟って機能することによってもたらされるビームの角度範囲（開口数）の増加によってラグランジュが左右されるからである。この結果、平行ビーム32内に放射器34を配置することによって得られる見視の

12

・アレイ74を使用するレーザ投影型ディスプレイ70の断面図を示している。光を反射するために制御面光効果を当てている。液晶空間光変調器を使用するシステムとは異なり、マイクロミラー・アレイ74は、ピクセルごとの光のビームレットの角度制御を使用する。このシステムは図1に示すシステムと実質的に同じであるが、照明はマイクロミラー光74の上の開口部82に収束する。個々のピクセルは、映写レンズ58の開口部を通してまたはストロップ80（すなわち、シェーラーによる光学系）に向かって光を反射するマイクロミラーによって形成される。ピクセルの明るさは、レンズの開口部82を通して光が誘導される時間が1フレームに占める割合を選択することによって制御される。

【0039】散散器34の最大拡散角は、ミラーをオフ状態に切り替えたときに、ごくわずかな光が映写レンズの開口部82を通過できるように選択する。実際には、これは、ミラーの傾斜角（たとえば、約20°）の2倍よりかなり小さい拡散角（先ず空間内）になる。たとえば、レーザ・ビーム32が拡散されて0.6mm以下のラグランジュを提供する前述のシステムについて検討するが、この場合、標準的なDLPチップは0.7°（17.78mm）の対角線長寸法を有する。ラグランジュが一定に保持されている場合、その結果得られるコレーションは約1/7.5または約4.0°の半角になる。このシステム速度は、DLPシステムに使用するもの（約1/3.5）よりかなり低速であり、したがって、簡略化した映写レンズの設計が可能になるだろう。また、コスト削減の結果、従来技術のシステムよりコンパクトである可能性があるだろう。

【0040】散散器34、92を取り入れたレーザ投影型ディスプレイ90を示している。散散器のうちの少なくとも1つは運動付手段36、94によって移動する。光変調器96の照明からの散散による移動する大ざっぱな強度変動を除去するために第1の散散器34が移動することは好ましいことである。2つの運動付手段（36および94）を1つのメカニズムに結合し、それにより両方の散散器に運動を付与することができる。

【0041】図4は、レーザ・ビームの時間的コレーションを低減するために光路遅延の差を取り入れたレーザ投影型ディスプレイ100を示している。部分反射ミラーのアレイ102は、レーザのコヒーレンス長程度またはそれ以上の光路差の差を隨後ビーム104内に散散する。部分反射ミラー102（すなわち、N個のミラー）のアレイによってN本のビームが生成する。部分反射ミラーのアレイはこの実施形態ではビーム拡大器として機能する。プライ・アイ（ハエの眼）アレイ40は、光弁

【0038】図2は、Texas Instrumentsなどのマイクロミラーから入手可能なDLPチップなどのマイクロミラー

13

側で均一照明を行うために各ビームが照らすM個の小型レンズを有するように設計した。したがって、各アレイには合計で少なくともM×N個の小型レンズが存在する。スライダ60での効果は、N本のレーザ・ビームのそれぞれによって散散器と、所与のビームが使用するM対のプライ・アイ（ハエの眼）小型レンズ対と、スクリーンが出現するそれ自体の精密スペキュル・パターンが要素となっている。N個のスペキュル・パターンは、散散器が運動しなくても全体的な平均化が行われるように置かずに累積される。散散器は、そのシシーからスペキュルをより完全に除去するために各スペキュル・パターンを塗り落すように移動することができる。

【0042】液晶パネルまたはマイクロミラー・アレイなどの二次元（領域）空間光変調器に関して本発明を説明してきた。しかし、本発明は、Silicon Light Machinesからの格子光弁（GLV）またはKowarzにより2000年1月26日に出版された米国特許出願第09/491354号に記載された等角格子装置などの線形空間光変調器に基づく投影システムに適用することができ、向出図は参照により本明細書に組み込まれる。

【0043】図5は、画像データをコード化するために線形空間光変調器124を使用するレーザ投影型ディスプレイ110を示している。光弁アレイの長さ（同図のx方向）に沿って光を拡散するだけの一次元散散器114を使用する。散散器に平行な方向（すなわち、x方向）への散散器の運動は、運動付手段116によって付与される。その運動の一部分がx方向である限り、二次元運動を使用することができ、一次元散散器114は、光弁を効率的に照らすために十分な散散を発生する。像面にアレイ光をもたらしほぼ十分ではない。一例として、MEMS Opticsから入手可能な回折アレイ・ジュネーチャーの1つが考えられる。

【0044】アナモルフィック・ビーム拡大器112は、散散光弁の方向（x方向）にレーザ・ビーム22を拡大する。このアナモルフィック・ビーム拡大器は、たとえば、光学設計分野の当業者によって周知のように、無限遠点対の円柱レンズにすることができる。一次元プライ・アイ（ハエの眼）インテグレート118は、第1および第2の円柱レンズ・アレイ120a、120bを含み、その小型レンズは小型レンズ・アレイ方向（光弁アレイ方向、すなわち、x方向でもある）にのみ出力を有する。アナモルフィック・ビーム結合オプティクス112は、線形光変調器124の長さに対して幅が一貫した均一照明と、光弁の幅方向（クロスアレイまたはy方向）の適切な照明を発生する。光弁が格子光弁である実施形態では、アナモルフィック・ビーム結合オプティクスは、幅方向（y方向）に光弁側に焦点を生成する。

【0045】線形光弁は画像の横一線128を生成する。図6は、レーザ・ビームの時間的コレーションを低減するために光路遅延の差を取り入れたレーザ投影型ディスプレイ100を示している。部分反射ミラーのアレイ102は、レーザのコヒーレンス長程度またはそれ以上の光路差の差を隨後ビーム104内に散散する。部分反射ミラー102（すなわち、N個のミラー）のアレイによってN本のビームが生成する。部分反射ミラーのアレイはこの実施形態ではビーム拡大器として機能する。プライ・アイ（ハエの眼）アレイ40は、光弁

【0038】図2は、Texas Instrumentsなどのマイクロミラーから入手可能なDLPチップなどのマイクロミラー

14

る。ガルバノメータ・ミラー126、旋回多角形、または回転プリズムなどのスキヤナはスクリーンを傾ける画像を一掃し、二次元画像130を形成する。

【0046】簡潔にするため、単一レーザ・ビームと単一空間光変調器を使って本発明を説明している。図6は、本発明の概念を使用したフルカラー・レーザ投影型ディスプレイ150を示している。好ましい実施形態では、RGBレーザ160は、それぞれ赤色、緑色、青色のレーザ・ビーム162R、162G、162Bを同時に生成するために他の非線形光学素子（図示せず）によって光学パラメトリック増幅器をポンピングする単一レーザ増幅器を含む。別法として、RGBレーザ160は、個別レーザまたはレーザ・アレイを含み、各レーザまたは個別アレイが赤色光、緑色光、青色光を発生することができる。従来のシステムと同様に、図6の投影型ディスプレイ150は、ビーム拡大オプティクス（164R、164G、164B）と、運動付手段（168R、168G、168B）によって駆動される1つまたは複数の移動散散器（166R、166G、166B）と、任意選択のプリラライザ（170R、170G、170B）と、プライ・アイ（ハエの眼）インテグレート（172R、172G、172B）と、結合オプティクス（174R、174G、174B）と、偏光ビームスプリッタ（176R、176G、176B）と、偏光光変調器（178R、178G、178B）と、偏光検光子（179R、179G、179B）とを含む。同図は、液晶光弁とともに使用する好ましい実施形態の場合のみを示している。同じ概念は、代替実施形態および前述の他の光弁にも適用することができ、

【0047】図6に示すように、たとえばXプリズム180を使って散散画像の赤色成分と緑色成分と青色成分を合成してマルチカラー・ビーム182を形成し、投影オプティクス184により送り出す。別法として、当技術分野で既知のように、プレート・ダイクロイック・ミラーまたはファイリッパス・プリズム構成を使用して、赤色成分と緑色成分と青色成分を合成することができる。別法として、単一セットのビーム拡大オプティクス、散散器、ビーム結合オプティクスを通過する前に、これらのカラー成分を1つの白色光ビームに合成することができ、この実施形態では、光弁の直前で照明光を3色に分離し、光弁の直後に再合成することになるだろう。

【0048】本発明のカラール順式実施形態によれば、単一の白色光ビームは単一セットのビーム拡大オプティクス、散散器、ビーム結合オプティクスを通過する。カラール順式画像を生成するために、赤色光、緑色光、青色光で単一光弁を順次照らすように、白色光ビーム内に赤色、緑色、青色のフィルタ・ホイールを配置する。別法として、レーザは赤色光、緑色光、青色光を順次放射することができ、フィルタ・ホイールは不要になる。

【0049】所与の好ましい実施形態を特に参照して本

【0049】所与の好ましい実施形態を特に参照して本

【0049】所与の好ましい実施形態を特に参照して本

【0049】所与の好ましい実施形態を特に参照して本

15

発明を詳細に説明してきたが、本発明の精神および範囲内で変形形態および変更形態が実施可能であることが分かるだろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 液晶光弁を使用する、本発明によるレーザ表示システムの断面図である。

【図2】 マイクロミラー・アレイ光弁を使用する、本発明によるレーザ表示システムの断面図である。

【図3】 複数の拡散器を取り入れた、本発明によるレーザ表示システムの断面図である。

【図4】 コヒーレンス長程度の複数のディスプレイを取り入れた、本発明によるレーザ表示システムの代替実施形態の断面図である。

【図5】 線形光弁システムに適用された本発明の斜視図である。

【図6】 液晶光弁を使用するフルカラー・レーザ表示システムの断面図である。

【符号の説明】

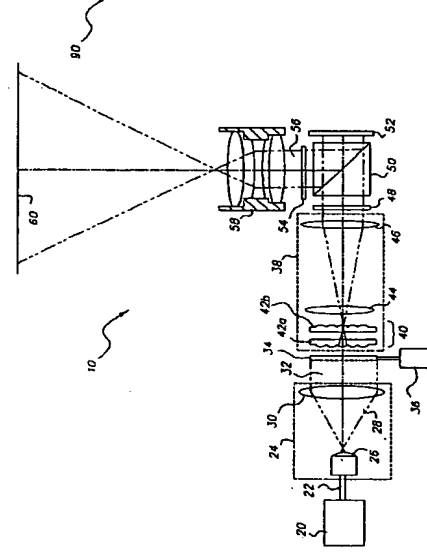
10 レーザ表示システム、20 レーザ、22 レーザ・ビーム、24 ビーム拡大オブティクス、26 聚散レンズ、28 発散ビーム、30 コリメーティング・レンズ、32 平行ビーム、34 拡散器、36 運動付手段、38 ビーム成形オブティクス、40 フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート、42a 第1の小型レンズ・アレイ、42b 第2の小型レンズ・アレイ、44 集光レンズ、46 視野レンズ、48 プリポラライザ、50 偏光ビーム・スプリッタ、52 液晶空間光変調器、54 検光子、56 変調光ビーム、58 映写レンズ、60 スクリュー、70 レーザ投影型ディスプレイ・アレイ、74 マイクロミラー・アレイ、80 ストップ、82 開口部、90 レーザ投影型ディスプレイ・アレイ、92 二次拡散器、94 二次運動付手段、96 空間光変調器、100 レーザ投影型ディスプレイ・アレイ、102 部分反射ミラーのアレイ、104 ビーム・アレイ、110 レーザ投影型ディスプレイ・アレイ、1

16

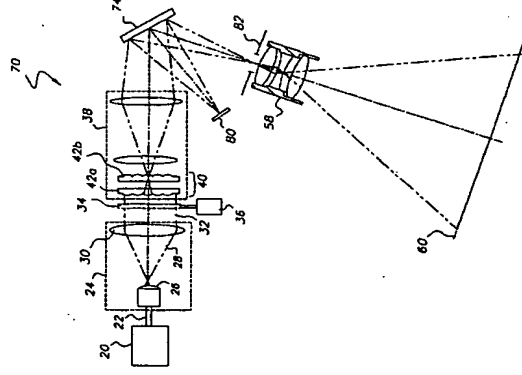
12 アナモルフィック・ビーム拡大オブティクス、14 一次元拡散器、116 一次元運動付手段、18 二次元フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート、120a 第1の円柱小型レンズ・アレイ、120b 第2の円柱小型レンズ・アレイ、122 アナモルフィック・ビーム結合オブティクス、124 線形空間光変調器、126 スキャナ、128 画像線、130 傾斜画像、150 フルカラー・レーザ投影型ディスプレイ、160 RGBレーザ、162R 赤色レーザ・ビーム、162G 緑色レーザ・ビーム、162B 青色レーザ・ビーム、164R 赤色ビーム拡大オブティクス、164G 緑色ビーム拡大オブティクス、164B 青色ビーム拡大オブティクス、166R 赤色チャネル拡散器、166G 緑色チャネル拡散器、166B 青色チャネル拡散器、168R 赤色チャネル運動付手段、168G 緑色チャネル運動付手段、168B 青色チャネル運動付手段、170R 赤色チャネル・プリポラライザ、170G 緑色チャネル・プリポラライザ、170B 青色チャネル・プリポラライザ、172R 赤色チャネル・フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート、172G 緑色チャネル・フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート、172B 青色チャネル・フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート、174R 赤色チャネル結合オブティクス、174G 緑色チャネル結合オブティクス、174B 青色チャネル結合オブティクス、176R 赤色チャネル偏光ビーム・スプリッタ、176G 緑色チャネル偏光ビーム・スプリッタ、176B 青色チャネル偏光ビーム・スプリッタ、178R 赤色チャネル空間光変調器、178G 緑色チャネル空間光変調器、178B 青色チャネル空間光変調器、179R 赤色チャネル検光子、179G 緑色チャネル検光子、179B 青色チャネル検光子、180 Xプリズム合成器、182 マルチカラー・ビーム・アレイ、184 投影オブティクス、θθ 最大拡散角。

(10)

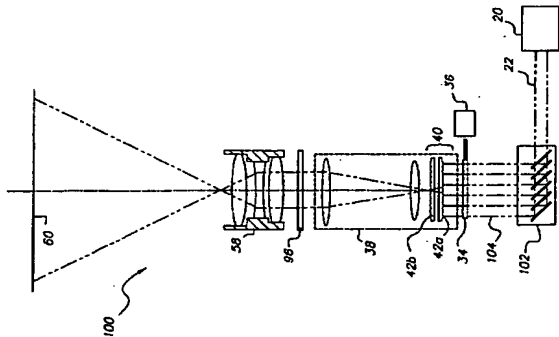
【図1】



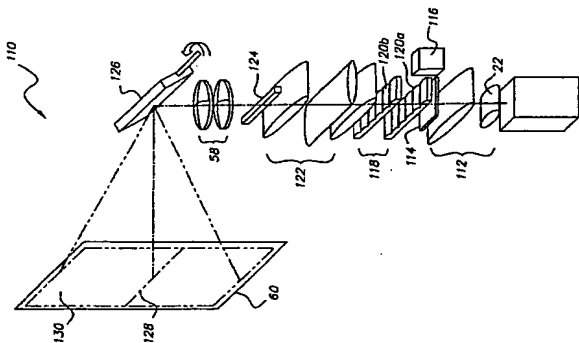
【図2】



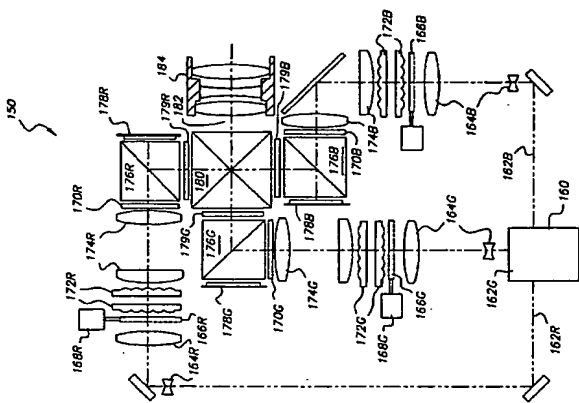
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H088 EA15 EA16 HA18 HA20 HA21
HA24 HA25 HA28 MA01 MA20
2K103 AA01 AA05 AA14 BA01 BA17
BC26 BC41